昆虫学报 Acta Entomologica Sinica，December 2006，49(6)：969 - 975　　ISSN 0454-6296

赤眼蜂在田间环境下的存活时间及其影响因子研究

董　杰[1,2]，许长新[1]，吴晓云[1]，张青文[1,*]，金晓华[2]，丁建云[2]，刘素凤[3]，王永祥[3]

（1. 中国农业大学农学与生物技术学院，北京　100094；2. 北京市植物保护站，北京　100029；3. 平谷区植物保护站，北京　101200）

摘要：目前，淹没式释放是赤眼蜂田间应用的主要方式，在这种释放方式下成虫羽化后在田间的存活时间是影响其防治效果的一个重要因素。本研究以松毛虫赤眼蜂雌成虫为材料，将赤眼蜂引入固定在桃树上的透气的塑料管中，研究了田间不同地面植被（紫花苜蓿和自然生杂草）和不同试验日期（5月31日、6月5日、7月17日、7月24日、8月24日和8月30日）温度、湿度、食物和叶片等因子对成虫存活时间的影响。结果表明：不同地面植被和不同试验日期松毛虫赤眼蜂成虫的存活时间差异显著，成虫的存活时间紫花苜蓿区明显长于自然生杂草区；5月31日和6月5日试验日期的成虫存活时间最长，7月17日和7月24日试验日期成虫的存活时间最短。成虫的存活时间与温度和湿度都呈显著负相关，但温度对成虫存活时间的影响更为显著。松毛虫赤眼蜂羽化后补充营养可以显著延长成虫的存活时间；食物充足的条件下，桃叶的存在使成虫的存活时间明显延长。结论认为，在田间环境下温度和食物是影响赤眼蜂成虫存活时间的主要因子。

关键词：松毛虫赤眼蜂；存活时间；田间环境；温度；湿度；食物

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2006)06-0969-07

The adult longevity of *Trichogramma dendrolimi* Matsumura under field conditions and its influencing factors

DONG Jie[1,2]，XU Chang-Xin[1]，WU Xiao-Yun[1]，ZHANG Qing-Wen[1,*]，JIN Xiao-Hua[2]，DING Jian-Yun[2]，LIU Su-Feng[3]，WANG Yong-Xiang[3] (1. College of Agronomy and Biotechnology，China Agricultural University，Beijing 100094，China；2. Beijing Plant Protection Station，Beijing 100029，China；3. Plant Protection Station of Pinggu District，Beijing 101200，China)

Abstract：Egg parasitoids of the genus *Trichogramma* are widely used as inundative controls of Lepidopteran crop pests，and their adult longevity after emergence in the field is a significant factor for the success of *Trichogramma* inundation. Survival time of female *Trichogramma dendrolimi*，which were held in ventilated plastic tubes (5 cm in diameter and 10 cm long) attached to peach tree branches，were investigated directly under field conditions，and the influencing factors (food availability and climatic factors) were analyzed. The results showed that the median survival time of the parasitoid was significantly different in different cover crops (lucerne and natural weeds) and different trial dates (31 May，5 June，17 July，24 July，24 August and 30 August). The median survival time of female *T. dendrolimi* in the area covered by lucerne was significantly longer than that in the area covered by natural weeds. In all trial dates，the median survival time of the trials on 31 May and 5 June was the longest，and that on 17 July and 24 July was the shortest. The median survival time was inversely correlated with the mean temperature and relative humidity for all treatments，and it was influenced more greatly by the mean temperature. The median survival time of honey-fed parasitoids was significantly longer than that of the parasitoids not fed with honey. The presence of a peach leaf within the tube also increased survival time of honey-fed parasitoids but did not increase adult longevity of the parasitoids not fed with honey. It is so concluded that temperature and food availability are the main factors influencing

---

基金项目：农业部‘948’项目(2003-T19-3)

作者简介：董杰，男，1978年生，博士研究生，主要研究方向为植物抗虫性及害虫综合治理，E-mail：dongjiefine@sohu.com

* **通讯作者** Author for correspondence，E-mail：zhangqingwen@263.net

收稿日期 Received：2006-04-28；**接受日期** Accepted：2006-08-27

longevity of female *T*. *dendrolimi* under field conditions.

Key words: *Trichogramma dendrolimi*; survival time; field conditions; temperature; relative humidity; food

赤眼蜂 *Trichogramma* spp. 是许多农林害虫的重要天敌,也是世界范围内害虫生物防治中研究最多、应用最广的一类卵寄生蜂(刘树生和施祖华,1996)。上世纪 50 年代以来,我国在开展赤眼蜂研究和应用方面取得了举世瞩目的成就,是目前世界上应用赤眼蜂防治害虫面积最大的国家之一(詹根祥和梁广文,1999)。目前,赤眼蜂的应用主要依靠淹没式释放(李丽英,1984;耿金虎等,2005),这种释放方式下赤眼蜂羽化后在田间的存活时间是影响防治效果的一个重要因素(Mansfield and Mills, 2002)。

影响赤眼蜂成虫存活时间的因素很多,大量研究表明,补充营养可以显著延长成虫的存活时间(Yu *et al*., 1984;苟雪琪, 1985;Hohmann *et al*., 1989;Leatemia *et al*., 1995;McDougall and Mills, 1997);成虫的寿命与温度呈负相关(Pak and Oatman, 1982;Yu *et al*., 1984;Smith *et al*., 1986;施祖华和刘树生,1993;McDougall and Mills, 1997);另外,湿度(Stinner *et al*., 1974;Leatemia *et al*., 1995)以及赤眼蜂的大小(Kuhlmann and Mills, 1999)、交配情况(Yu *et al*., 1984;Lim, 1986)、滞育蛹的冷贮时间(Stinner *et al*., 1974)、寄主(Bai and Smith, 1993)等都可以影响赤眼蜂成虫的存活时间。但这些试验都是在实验室内采用人工控制条件的情况下进行的,赤眼蜂成虫在田间环境下的存活时间及其影响因子的研究和报道较少。

在田间环境下对赤眼蜂成虫的存活时间进行直接测定,与室内试验相比,可以直接指导赤眼蜂的田间释放(例如确定最佳的放蜂次数、放蜂量),提高对害虫的防治效果具有积极的意义。本研究以松毛虫赤眼蜂 *T*. *dendrolimi* 为试虫,以目前桃园中的主要害虫棉褐带卷蛾 *Adoxophyes orana*(丁建云等,2003)的 3 代卵为假想防治对象,在田间环境下研究了温度、湿度、食物和叶片等因子对赤眼蜂成虫存活时间的影响,以期为我国赤眼蜂的田间应用技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验于 2005 年 5－9 月在北京平谷(117°06′E;40°09′N)的一个有机桃园进行。桃园面积 70 hm^2,桃树品种为晚久保,株行距为 3 m×6 m,4～5 年生。

1.2 试虫来源

松毛虫赤眼蜂由北京市密云植保站和北京市农林科学院植保环保所提供,饲养寄主为柞蚕 *Antheraea pernyi* Guerin-Meneville 卵。

1.3 试验设计

选取地面植被分别为紫花苜蓿 *Medicago sativa* 和自然生杂草(主要包括:藜 *Chenopodium album*,篱打碗花 *Calystegia sepium*,葎草 *Humulus scandens*,狗尾草 *Setaria viridis*,马唐 *Digitaria sanguinalis*)的两种代表性样地。

共设 6 次试验:每次试验的日期都与棉褐带卷蛾的卵高峰期(6 月初,第 1 代;7 月中旬,第 2 代;8 月下旬,第 3 代)一致,每一个卵高峰期进行两次试验,间隔 5～7 天。6 次试验的日期分别为:5 月 31 日、6 月 5 日、7 月 17 日、7 月 24 日、8 月 24 日和 8 月 30 日。每次试验都在两种样地上同时进行,每种样地都设 4 个处理:(1)10%蜂蜜水＋桃叶(HL);(2)10%蜂蜜水(H);(3)桃叶(L);(4)无蜂蜜水和无桃叶(NHL)。成虫羽化后,将 25±5 头雌蜂引入半透明的塑料管(5 cm×10 cm)中,将吸附有 10%蜂蜜水的滤纸和桃叶放入相应处理的塑料管,用细尼龙网将管口封住。滤纸和桃叶每天更换。将塑料管固定在试验区内的桃树上,观察成虫的存活时间。每天 10:00 至 14:00 调查活虫数,蜂全部死亡时结束。每处理 10 个重复。

试验过程中,用温湿度记录仪(ZDR-20,浙江大学电气设备厂)记录紫花苜蓿区和自然生杂草区的田间气温、相对湿度(每 30 min 记录一次)。

1.4 分析方法

1.4.1 成虫存活时间的计算:参照 Mansfield 和 Mills(2002)的方法,将每个管雌成虫的存活时间和存活率进行直线回归,取从羽化至 50%个体死亡的时间作为该管成虫的存活时间(median survival time),以减少由于赤眼蜂成虫个体寿命差异而引起的误差(McDougall and Mills, 1997)。

1.4.2 成虫存活时间的影响因子分析:对赤眼蜂成虫的存活时间进行 3 因素(地面植被、试验处理和试验日期)方差分析,以上数据分析用统计软件 SAS(SAS Institute, 2002)进行。比较温度和湿度与成虫存活时间的关系采用先将存活时间与温度进行线性

回归，然后再将其残差与湿度进行回归的方法（Mansfield and Mills，2002），以上数据分析用统计软件 SPSS（1998）进行。数值采用平均值 ± 标准误（mean ± *SE*）表示。

2　结果与分析

2.1　不同地面植被、不同处理松毛虫赤眼蜂成虫的存活时间

从图 1 可以看出，不同处理的松毛虫赤眼蜂雌成虫在紫花苜蓿区的存活时间分别为：HL，1.7 ~ 7.5 天；H，1.6 ~ 6.4 天；L，0.7 ~ 2.5 天；NHL，0.6 ~ 2.4 天。在自然生杂草区分别为：HL，0.8 ~ 6.8 天；H，1.0 ~ 5.8 天；L，0.5 ~ 1.5 天；NHL，0.5 ~ 1.6 天。

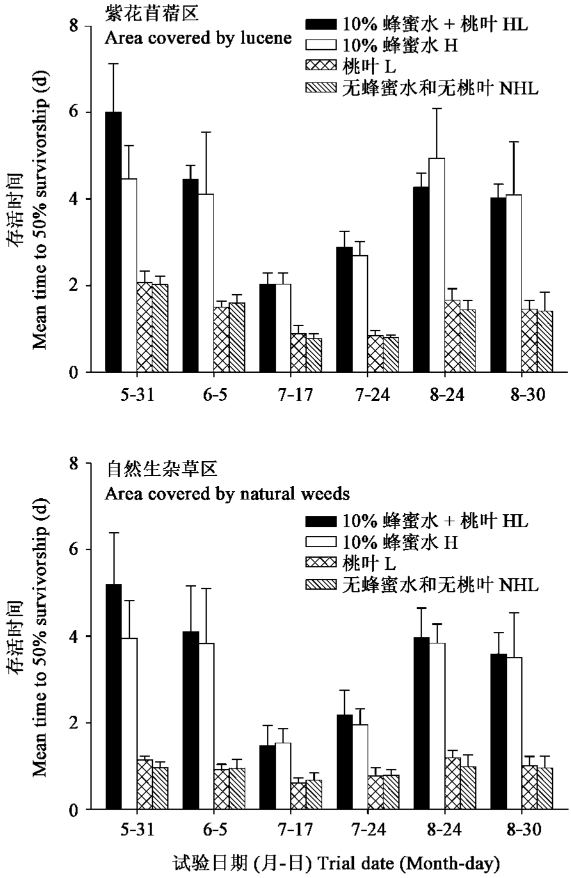

图 1　不同处理的松毛虫赤眼蜂雌成虫在不同试验日期和不同地面植被下的存活时间（平均值 ± 标准误）

Fig. 1　The survival time (mean ± *SE*) of cohorts of *Trichogramma dendrolimi* females subjected to different treatments in different trial dates under different cover crops

HL：10% 蜂蜜水 + 桃叶；H：10% 蜂蜜水；L：桃叶；NHL：无蜂蜜水和无桃叶。下同。HL：10% honey solution plus peach leaf；H：10% honey solution；L：Peach leaf；NHL：No honey solution or peach leaf. The same below.

2.2　温湿度对松毛虫赤眼蜂成虫存活时间的影响

松毛虫赤眼蜂的成虫的存活时间与温度呈显著负相关（紫花苜蓿区：$F = 57.004$，$df = 1, 238$，$P < 0.001$，$r^2 = 0.193$，图 2a ~ d；自然生杂草区：$F = 74.959$，$df = 1, 238$，$P < 0.001$，$r^2 = 0.240$，图 3a ~ d），与湿度也呈显著负相关（紫花苜蓿区：$F = 24.979$，$df = 1, 238$，$P < 0.001$，$r^2 = 0.095$；自然生杂草区：$F = 4.405$，$df = 1, 238$，$P = 0.037$，$r^2 = 0.018$），但存活时间与温度回归分析的残差与湿度进行回归发现二者并不显著相关（图 2e ~ h；图 3e ~ h），这表明温度是影响松毛虫赤眼蜂成虫存活时间的主要因子。

3 因素方差分析结果（表 1）表明，地面植被（紫花苜蓿和自然生杂草）（$F = 97.17$，$df = 1, 432$，$P < 0.001$）和试验日期（$F = 135.54$，$df = 5, 432$，$P < 0.001$）均显著影响松毛虫赤眼蜂雌成虫的存活时间。

紫花苜蓿区松毛虫赤眼蜂成虫的存活时间明显的要长于自然生杂草区（$P < 0.05$）（图 1），这可能是由于不同的地面植被导致的田间温度差异而引起的。从表 2 可以看出，尽管大部分时间内紫花苜蓿区的相对湿度要高于自然生杂草区，但平均和最高气温则明显的要低，进一步证明温度是影响赤眼蜂存活时间的主要因子。

试验日期对成虫存活时间的影响，则可能是由于不同的试验日期田间温湿度的差异共同引起的，成虫存活时间的变化趋势与温湿度的变化趋势基本一致（图 1，表 2）。棉褐带卷蛾第 1 代卵高峰时（6 月初）的田间气温和相对湿度明显的要低于第 2 代（7 月中旬）和第 3 代（8 月下旬），与之相对应，前两次试验（5 月 31 日和 6 月 5 日）成虫的存活时间明显的要长于后面几次试验。第 2 代卵高峰时的田间气温和相对湿度最高，此时（7 月 17 日和 7 月 24 日）成虫的存活时间也最短。

2.3　不同食物组合对松毛虫赤眼蜂成虫存活时间的影响

3 因素方差分析结果（表 1）表明，试验处理对松毛虫赤眼蜂雌成虫的存活时间有显著影响（$F = 693.92$，$df = 3, 432$，$P < 0.001$）。试验日期和试验处理之间具有显著的交互作用（$F = 19.12$，$df = 15, 432$，$P < 0.001$），这可能是由于 4 个处理成虫的存活时间在不同试验日期间存在显著差异的缘故（HL：$F = 70.86$，$df = 5, 114$，$P < 0.001$；H：$F = 27.03$，$df = 5, 114$，$P < 0.001$；L：$F = 21.32$，$df = 5, 114$，$P < 0.001$；NHL：$F = 13.08$，$df = 5, 114$，$P < 0.001$）（图 1）。

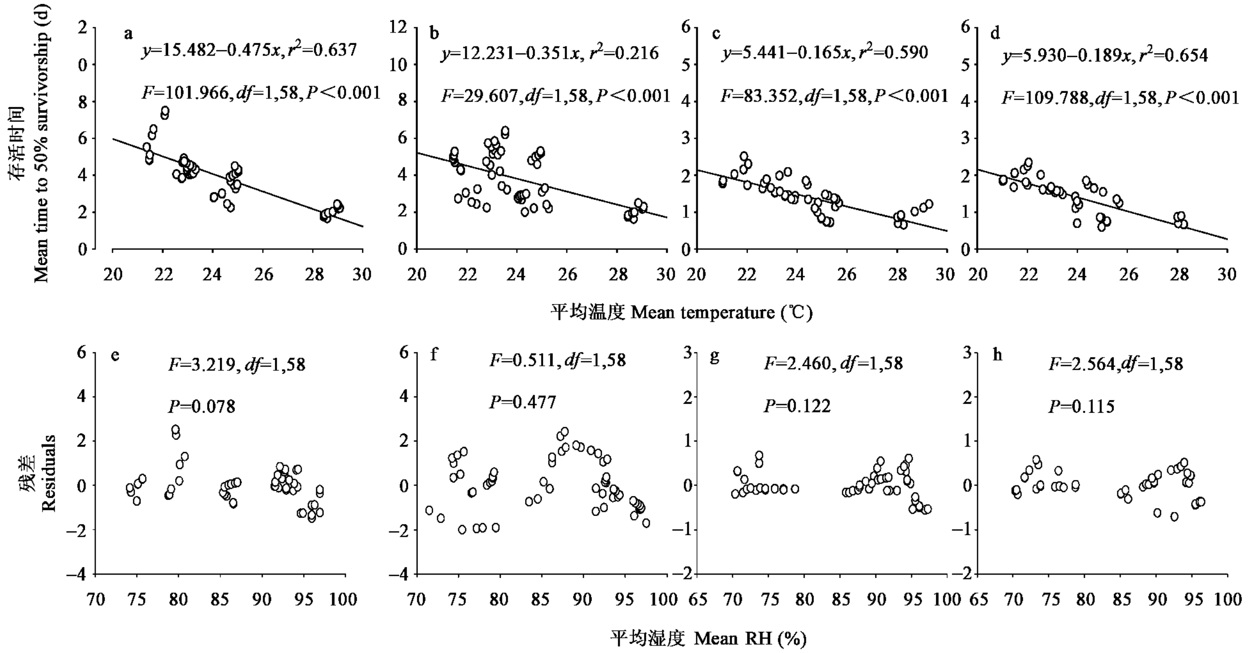

图 2 紫花苜蓿区不同处理松毛虫赤眼蜂雌成虫的存活时间与温度(a ~ d)和湿度(e ~ h)的关系

Fig. 2 Relationship between median survival time (y) of cohorts of female *Trichogramma dendrolimi* and mean temperature (x) in the area covered by Lucerne (a – d), and residuals from the median survival time-temperature regression in relation to relative humidity for each treatment (e – h).

a, e :10%蜂蜜水 + 桃叶 HL ;b, f :10%蜂蜜水 H ;c, g :桃叶 L ;d, h :无蜂蜜水和无桃叶 NHL ;下同 The same below.

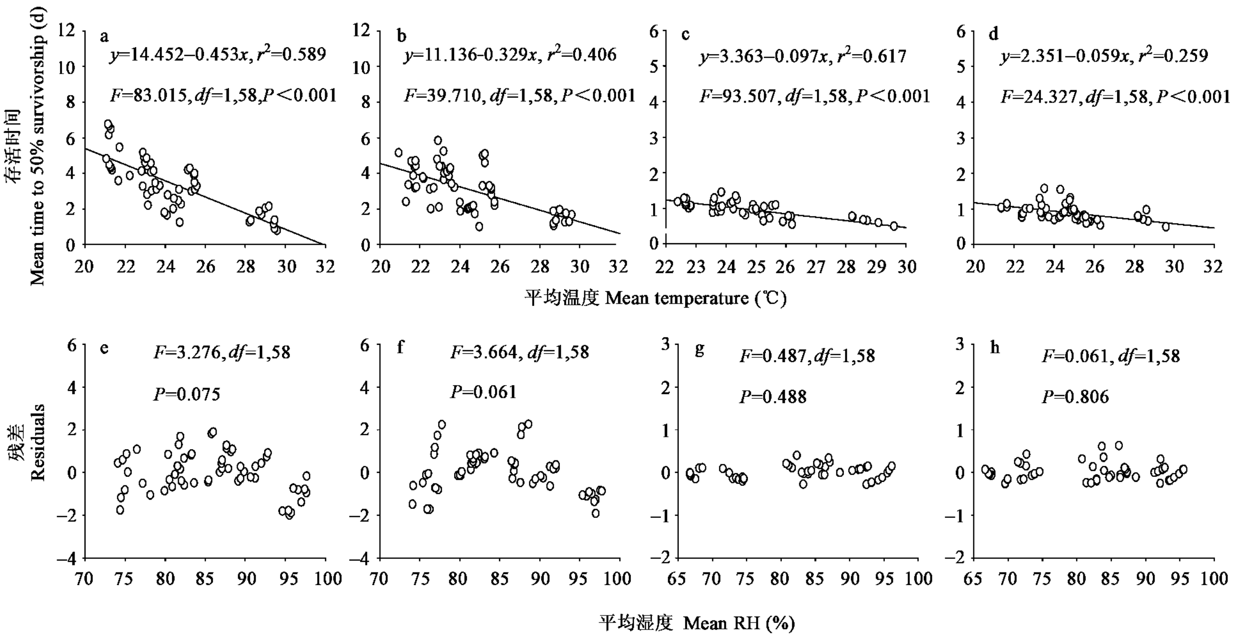

图 3 自然生杂草区不同处理松毛虫赤眼蜂雌成虫的存活时间与温度(a ~ d)和湿度(e ~ h)的关系

Fig. 3 Relationship between median survival time (y) of cohorts of female *Trichogramma dendrolimi* and mean temperature (x) in the area covered by natural weeds (a – d) and residuals from the median survival time-temperature regression in relation to relative humidity for each treatment (e – h).

表1 松毛虫赤眼蜂雌成虫不同地面植被、不同试验日期和不同试验处理存活时间的方差分析

Table 1 ANOVA table on the influence of cover crop, trial date and treatment on median survival time of cohorts of female *Trichogramma dendrolimi*

变异来源 Source of variation	**自由度** *df*	*F* **值** *F* value	**显著水平** Significant level
地面植被 Cover crops（C）	1	97.17	***
试验日期 Trial date（TD）	5	135.54	***
试验处理 Treatment（T）	3	693.92	***
地面植被×**试验日期** C×TD	5	1.74	ns
地面植被×**试验处理** C×T	3	0.52	ns
试验日期×**试验处理** TD×T	15	19.12	***
地面植被×**试验日期**×**试验处理** C×TD×T	15	1.13	ns

ns：**不显著** Not significant（$P > 0.05$）；*** $P < 0.001$.

表2 不同试验日期和不同地面植被试验区的温湿度比较

Table 2 Comparison of temperature and relative humidity datas between areas covered by different crops during six trials

棉褐带卷蛾世代 Generation of *A. orana*	**试验日期** Trial date	**气候因子** Climatic parameter	**紫花苜蓿区** Area covered by lucerne			**自然生杂草区** Area covered by natural weeds		
			平均值[a] Mean ± *SD*[a]	**最大值** Max.	**最小值** Min.	**平均值**[a] Mean ± *SD*[a]	**最大值** Max.	**最小值** Min.
第1代	**5月31日**	**温度** Temperature（℃）	21.1±4.1	31.0	11.4	21.3±4.2	31.1	10.6
1st generation	31 May	**湿度** RH（%）	80.2±17.3	100.0	32.4	79.6±19.1	100.0	32.2
	6月5日	**温度** Temperature（℃）	22.2±5.3	34.0	12.9	22.9±5.8	36.6	12.5
	5 June	**湿度** RH（%）	75.6±20.6	100.0	34.1	75.7±21.3	100.0	32.5
第2代	**7月17日**	**温度** Temperature（℃）	28.8±2.9	33.6	24.4	29.1±3.1	34.4	24.3
2nd generation	17 July	**湿度** RH（%）	92.4±7.7	100.0	76.2	90.7±9.1	100	74.3
	7月24日	**温度** Temperature（℃）	24.8±3.4	32.3	19.0	24.7±3.3	33.9	18.7
	24 July	**湿度** RH（%）	94.1±9.0	100.0	67.3	94.6±8.3	100	66.4
第3代	**8月24日**	**温度** Temperature（℃）	23.1±5.4	32.8	15.2	23.9±4.9	32.2	15.5
3rd generation	24 August	**湿度** RH（%）	86.0±18.3	100.0	44.4	83.3±18.7	100	40.1
	8月30日	**温度** Temperature（℃）	24.9±4.4	32.8	18.7	25.2±4.1	32.4	18.8
	30 August	**湿度** RH（%）	87.3±17.5	100.0	37.1	86.6±15.4	100	37.2

[a] **每次试验从赤眼蜂初羽化至最长的**50%**的个体存活时间内的温、湿度的平均值和标准偏差（温度和湿度都是每**30 min**记录一次）**Mean and *SD* for all 30-min observations of temperature and RH collected for each trial from the first emergence of *T. dendrolimi* to the longest point of 50% survivorship of the wasps.

方差分析结果表明，试验过程中用蜂蜜水进行饲喂的处理（HL，H）成虫的存活时间明显的要长于另外两个没有蜂蜜水的处理（L，NHL）（$P < 0.05$），说明补充营养可以显著延长成虫的存活时间。HL处理成虫的存活时间显著高于H处理（$P < 0.05$），但L和NHL两个处理之间差异不显著（$P > 0.05$），表明只有在食物充足的条件下，桃叶的存在才可以显著延长赤眼蜂的存活时间，进一步证明补充营养是影响赤眼蜂存活时间的关键因子。

3 讨论

在桃园中，蚜虫的发生非常普遍，蚜虫产生的蜜露以及行间植被提供的花粉都可以作为赤眼蜂成虫的补充营养 此外，不同的地面植被以及放蜂时期的不同田间温湿度也会不同。因此，我们选择了食物、温度和湿度等与田间环境密切相关的几个因子来评价赤眼蜂在田间环境下的存活时间。在桃园中，相对于赤眼蜂的放蜂密度，棉褐带卷蛾卵块的密度非常低，对大多数赤眼蜂个体来说，在其存活期内发现寄主的几率非常低，因此在各个处理中，没有提供寄主卵块。

温度是影响赤眼蜂发育的重要生态因子，温度对赤眼蜂的发育速率、存活率、生殖力和生殖率等各种生命活动指标均有直接的影响（施祖华和刘树生，1993**）。大量室内研究发现，赤眼蜂的成虫的存活时间随温度的升高而缩短（**Pak and Oatman，1982；Yu *et al.*，1984；Smith *et al.*，1986；**施祖华和刘树生，**1993；McDougall and Mills，1997**）。我们的研究也表明，赤眼蜂成虫的存活时间与温度呈显著负相关，紫花苜蓿区赤眼蜂成虫的存活时间长于自然生杂草区，前两次试验日期的赤眼蜂成虫的存活时间长于后面几次试验日期。试验期间苜蓿区的平均气温低于杂草区，前两次试验日期的田间温度要低于后面几次（见表**2**），可能是导致这种结果的主要原因。**

湿度对赤眼蜂成虫存活时间的影响不同的研究

结果差异较大。Leatemia 等（1995）在室内研究发现，湿度对短管赤眼蜂 *T. pretiosum* 和微小赤眼蜂 *T. minutum* 成虫的存活时间没有影响；Mansfield 和 Mills（2002）在田间条件下也发现湿度对普氏赤眼蜂 *T. platneri* 的存活时间没有显著影响。而 Calvin 等（1984）报道恒温条件（30℃）下，相对湿度为 20% 时短管赤眼蜂雌成虫的存活时间明显的要长于相对湿度为 60% 和 80% 时，但多数研究认为湿度适中（75%左右）对赤眼蜂的存活有利，而湿度过高或过低都会显著降低赤眼蜂成虫的存活时间（Stinner *et al.*，1974；施祖华和刘树生，1993；Bourchier and Smith，1996）。我们的研究也表明，当田间的相对湿度比较高时（紫花苜蓿区：75.6% ~ 94.1%；自然生杂草区：75.7% ~ 94.6%），随着田间相对湿度的增加，松毛虫赤眼蜂的成虫寿命减少。

试验表明，食物可以显著的影响赤眼蜂成虫的存活时间，用 10% 蜂蜜水进行饲喂的处理（HL，H）较没有饲喂的处理（L，NHL）成虫的存活时间可以提高 1.3 ~ 3.6 倍，尽管提高的幅度明显的要小于实验室条件下的 7 ~ 13 倍（Yu *et al.*，1984；Lim，1986；Hohmann *et al.*，1989；Leatemia *et al.*，1995；McDougall and Mills，1997）。这其中，田间剧烈的温度变化可能是引起差异的主要原因。在田间，每天的温差一般会比较大，而且午后的温度通常会超过 30℃，而在一个变温环境中，即使平均温度不是太高，高温也通常会显著降低赤眼蜂成虫的存活时间（Mansfield and Mills，2002）。

桃叶对赤眼蜂成虫的存活时间也有影响。我们在调查中发现，赤眼蜂成虫喜好聚集在叶脉以及叶片基部，原因可能主要有以下两个方面：第一，桃叶的表面可能会有分泌物，而这可能会成为赤眼蜂的食物（Mansfield and Mills，2002）；第二，研究表明距叶片表面 3 mm 以内的相对湿度通常不会低于 60%（Flitters，1968），因此，尽管影响的幅度很小，但叶片表面的蒸腾作用仍可能会增加管内的湿度从而延长成虫的存活时间。

棉褐带卷蛾第 1 代卵高峰时，田间温度和湿度都比较低，而且此时桃园中蚜虫产生的蜜露以及蜜源植物的花粉也可以作为成虫的补充营养，此时释放赤眼蜂防治棉褐带卷蛾，赤眼蜂的存活时间会比较长，对棉褐带卷蛾的防治效果会比较好，大量的试验也证明了这一点（冯建国和张勇，1988；冯建国等，1989；李师昌等，2005）。棉褐带卷蛾第 2 代和第 3 代的卵高峰分别在 7 月中旬和 8 月下旬，此时桃园的平均气温和相对湿度都比较高，而且也缺少食物来源，赤眼蜂成虫的存活时间相对就会比较短。许多研究还表明，温度和食物还可以影响松毛虫赤眼蜂的产卵，温度过高以及缺乏食物都会显著的降低雌蜂的产卵量（荀雪琪，1985；王亚洲，1995）。因此防治第 2 代和第 3 代卵时，就应该适当的增加放蜂次数和放蜂量。另外，从本研究中可以看出，桃树行间种植紫花苜蓿可以明显地降低田间温度，同时紫花苜蓿的花期长，可以更好的为成虫提供补充营养，因此可以通过果园生草来延长赤眼蜂在田间的存活时间以提高防治效果。此外，在果园中种植有益杂草还有许多优点：不仅可以保护和增殖有益天敌，发挥天敌对害虫持续而有效的控制作用（严毓骅和段建军，1988；杜相革和严毓骅，1998；于毅和严毓骅，1998），而且还具有防止土壤侵蚀，提高土壤有机质含量，调节果园微域生态环境，提高果实产量和品质等作用（冯耀宗，2002；李国怀和伊华林，2005）。

致谢 本研究所用部分松毛虫赤眼蜂由北京市农林科学院植保环保所王素琴老师惠赠；另外，本实验室的滕兆乾博士后在论文写作过程中提出了许多有建设性的建议。在此一并感谢。

参 考 文 献（References）

Bai B, Smith SM, 1993. Effect of host availability on reproduction and survival of the parasitoid wasp *Trichogramma minutum*. *Ecol. Entomol.*, 18：279 – 286.

Bourchier RS, Smith SM, 1996. Influence of environmental conditions and parasitoid quality on field performance of *Trichogramma minutum*. *Entomol. Exp. Appl.*, 80：461 – 468.

Calvin DD, Knapp MC, Welch SM, Poston FL, Elzinga RJ, 1984. Impact of environmental factors on *Trichogramma pretiosum* reared on southwestern corn borer eggs. *Environ. Entomol.*, 13：774 – 780.

Ding JY, Meng ZP, Yuan ZQ, Gong YF, Wang YX, Xing YH, Hao HL, 2003. Occurrence of adult summer fruit tortrix moths in suburban Beijing. *Entomological Knowledge*, 40（5）：461 – 462.［丁建云，孟昭萍，袁志强，龚禹峰，王永祥，邢艳红，郝海莉，2003. 北京郊区苹果小卷蛾成虫发生规律研究. 昆虫知识，40（5）：461 – 462］

Du XG, Yan YH, 1998. A study on interaction among *Lagopsis supine*, insect pests and *Orius sauteri* in an apple orchard. *Acta Entomologica Sinica*, 41（Suppl.）：202 – 204.［杜相革，严毓骅，1998. 生草园中夏至草-害虫-小花蝽相互关系的研究. 昆虫学报，41（增刊）：202 – 204］

Feng JG, Zhang Y, 1988. Releases of *Trichogramma dendrolimi*（Hym.：Trichogrammatidae）to control insect pests in apple orchards. *Entomological Knowledge*, 25（6）：344 – 347.［冯建国，张勇，1988. 松毛虫赤眼蜂防治果树害虫的研究. 昆虫知识，25（6）：344 –

347]

Feng JG，Zhang Y，Tao X，Wang YS，Xu ZG，1989. Releases of *Trichogramma dendrolimi* （Hym.：Trichogrammatidae） to control *Adoxophyes orana* （Lep.：Tortricidae） in apple orchards. *Chinese J. Biol. Control*，5(2)：56 – 59. [**冯建国，张勇，陶训，王雨生，徐智功**，1989. **利用松毛虫赤眼蜂防治苹果小卷叶蛾的研究. 生物防治通报**，5(2)：56 – 59]

Feng YZ，2002. Biodiversity and eco-agriculture. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*，10(3)：5 – 7. [**冯耀宗**，2002. **生物多样性与生态农业. 中国生态农业学报**，10(3)：5 – 7]

Flitters NE，1968. Microelectrothermometry for psychrometric determinations of insect leaf microhabitats. *Ann. Entomol. Soc. Am.*，61：923 – 926.

Geng JH，Shen ZR，Li ZX，Zhang F，2005. Optimal stage and temperature for cold storage of *Trichogramma dendrolimi* reared on *Antheraea pernyi* eggs. *Acta Entomologica Sinica*，48(6)：903 – 909. [**耿金虎，沈佐锐，李正西，张帆**，2005. **利用柞蚕卵繁殖的松毛虫赤眼蜂的适宜冷贮虫期和温度. 昆虫学报**，48(6)：903 – 909]

Gou XQ，1985. Cold storage test of rice moth eggs parasitized by *Trichogramma ostriniae*. *Chinese J. Biol. Control*，1(4)：20 – 21. [**苟雪琪**，1985. **玉米螟赤眼蜂寄生卵低温保存技术初探. 生物防治通报**，1(4)：20 – 21]

Hohmann CL，Luck RF，Oatman ER，Platner GR，1989. Effects of different biological factors on longevity and fecundity of *Trichogramma platneri* Nagarkatti （Hymenoptera：Trichogrammatidae）. *Ann. Soc. Entomol. Brasil.*，18 (Suppl.)：61 – 70.

Kuhlmann U，Mills NJ，1999. Comparative analysis of the reproductive attributes of three commercially-produced *Trichogramma* species （Hymenoptera：Trichogrammatidae）. *Biocontrol Sci. Technol.*，9：335 – 346.

Leatemia JA，Laing JE，Corrigan JE，1995. Effects of adult nutrition on longevity，fecundity，and offspring sex ratio of *Trichogramma minutum* Riley （Hymenoptera：Trichogrammatidae）. *Can. Entomol.*，127：245 – 254.

Li GH，Yi HL，2005. Influences of sod culture on the soil water content，effect of soil nutrients，fruit yield and quality in citrus orchard. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*，13 (2)：161 – 163. [**李国怀，伊华林**，2005. **生草栽培对柑橘园土壤水分与有效养分及果实产量、品质的影响. 中国生态农业学报**，13 (2)：161 – 163]

Li LY，1984. Recent developments in research and utilization of *Trichogramma* spp. *Entomological Knowledge*，21(5)：237 – 240. [**李丽英**，1984. **赤眼蜂研究应用新进展. 昆虫知识**，21(5)：237 – 240]

Li SC，Sun XM，Yang XB，Liu XF，Liu SY，Wang AX，2005. Releases of *Trichogramma dendrolimi* （Hym.：Trichogrammatidae） to control *Adoxophyes orana* （Lep.：Tortricidae）. *China Fruits*，(4)：30 – 31. [**李师昌，孙学明，杨兴波，刘晓芬，刘胜元，王爱兴**，2005. **松毛虫赤眼蜂防治苹果小卷叶蛾试验. 中国果树**，(4)：30 – 31]

Lim GT，1986. Biological studies on *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja in the laboratory. *J. Appl. Entomol.*，101：48 – 54.

Liu SS，Shi ZH，1996. Recent developments in research and utilization of *Trichogramma* spp. *Chinese J. Biol. Control*，12 (2)：78 – 84. [**刘树生，施祖华**，1996. **赤眼蜂研究和应用进展. 中国生物防治**，12 (2)：78 – 84]

Mansfield S，Mills NJ，2002. Direct estimation of the survival time of commercially produced adult *Trichogramma platneri* Nagarkatti （Hymenoptera：Trichogrammatidae） under field conditions. *Biological Control*，25：41 – 48.

McDougall SJ，Mills NJ，1997. The influence of hosts，temperature and food sources on the longevity of *Trichogramma platneri*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*，83：195 – 203.

Pak GA，Oatman ER，1982. Comparative life table，behavior and competition studies of *Trichogramma brevicapillum* and *T. pretiosum*. *Entomol. Exp. Appl.*，32：68 – 79.

SAS Institute，2002. SAS/STAT User's Guide，Version 8.2. Cary，NC，USA.

Shi ZH，Liu SS，1993. The influence of temperature and humidity on the population increase of *Trichogramma dendrolimi*. *Acta Ecologica Sinica*，13(4)：328 – 333. [**施祖华，刘树生**，1993. **温湿度对松毛虫赤眼蜂种群增长的影响. 生态学报**，13(4)：328 – 333]

Smith SM，Hubbes M，Carrow JR，1986. Factors affecting inundative releases of *Trichogramma minutum* Ril. against spruce budworm. *J. Appl. Entomol.*，101：29 – 39.

SPSS，1998. SPSS User's Guide. SPSS Inc.，Chicago，IL.

Stinner RE，Ridgway RL，Morrison RK，1974. Longevity，fecundity，and searching ability of *Trichogramma pretiosum* reared by three methods. *Environ. Entomol.*，3：558 – 560.

Wang YZ，1995. Study on the factors affecting oviposition of *Trichogramma dendrolimi*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*，11(3)：9 – 11. [**王亚洲**，1995. **影响松毛虫赤眼蜂产卵因素的研究. 中国农学通报**，11(3)：9 – 11]

Yan YH，Duan JJ，1988. The effect of cover cropping in apple orchards on the predator community on the apple tree. *Acta Phytophylacica Sinica*，15 (1)：23 – 27. [**严毓骅，段建军**，1988. **苹果园种植覆盖作物对树上可捕食性天敌群落的影响. 植物保护学报**，15 (1)：23 – 27]

Yu DSK，Hagley EAC，Laing JE，1984. Biology of *Trichogramma minutum* Riley collected from apples in southern Ontario. *Environ. Entomol.*，13：1 324 – 1 329.

Yu Y，Yan YH，1998. A study on the plant diversity in apple orchards toward sustainable pest management. *Acta Entomologica Sinica*，41 (Suppl.)：82 – 90. [**于毅，严毓骅**，1998. **苹果园植被多样化在果树害虫持续治理中的作用. 昆虫学报**，41(**增刊**)：82 – 90]

Zhan GX，Liang GW，1999. Research and application of *Trichogramma* in China. *Acta Agriculturae Jiangxi*，11 (2)：39 – 46. [**詹根祥，梁广文**，1999. **中国赤眼蜂研究和应用的历史与现状. 江西农业学报**，11 (2)：39 – 46]

（责任编辑：袁德成）